

**СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ МИКРОФИТОБЕНТОСА  
АРГЕНТИНСКИХ ОСТРОВОВ АНТАРКТИКИ****Л.И. Рябушко***Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь,  
Россия**e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ua*

**Рябушко Лариса Ивановна**, ведущий научный сотрудник Отдела аквакультуры и морской фармакологии Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: *larisa.ryabushko@yandex.ua*

Научные интересы связаны с изучением морских микроскопических водорослей бентоса и их экологии. Автор и соавтор 160 научных публикаций, в т.ч. 9 монографий.

**Введение**

Необходимость изучения биологического комплекса Антарктики связана с проблемой охраны окружающей среды для целей сохранения уникальных антарктических морских экосистем. Для понимания закономерностей функционирования биологических экосистем Антарктики существенное значение имеет проведение экологического мониторинга среды обитания и состояния природных популяций животных и растений. Микроводоросли являются основными производителями первичной продукции в морях и океанах, важным пищевым объектом для многих видов пелагических и донных рыб, беспозвоночных и млекопитающих животных.

Однако вместе с фитопланктоном необходимо исследовать и микрофитобентос, вносящий высокий вклад в общую продукцию морских экосистем. Под термином «микрофитобентос» мы понимаем совокупность фотосинтезирующих и миксотрофных микроскопических организмов, прикрепленных или подвижных, обитающих на различных подводных субстратах, находящихся на дне водоёма или в толще воды, или проводящих в толще воды часть своего жизненного цикла, ведущих индивидуальный и колониальный образ жизни, способных образовывать как макроформы, видимые невооружённым глазом, так и микроскопические формы колоний [1]. Микрофитобентос – важное звено в функционировании морских экосистем, роль которого до сих пор недооценена, всё ещё слабо исследована не только в Антарктике, но и во многих морях Мирового океана.

К одной из наиболее распространённых и изученных групп микрофитобентоса относятся диатомовые водоросли. Первое упоминание об антарктических диатомовых сводится к началу 20 столетия, когда Антарктика стала областью активного промысла финвалов и китов. В это время начались научные изыскания, которые отражены в первых работах английских исследователей [2–4], указывавших на то, что кожные покровы китообразных в антарктических водах обрастают диатомовыми водорослями. Позже подобные сведения отмечены и другими авторами, изучавшими обрастания финвалов и малых полосатиков Антарктики [5–7]. Краткий обзор указанных работ с именами многих исследователей диатомовых обрастаний китообразных в Антарктике в разные годы дан в работе Л.Б. Кляшторина [8].

Донным диатомовым водорослям необходим субстрат, на котором они поселяются, на различных поверхностях живых и неживых субстратов, прикрепляясь, либо свободно передвигаясь по его поверхности. Они являются одной из наименее изученных групп антарктического бентоса. Между тем, бентосные сообщества микроводорослей являются

наиболее уязвимыми в связи с оседанием природных и антропогенных загрязнителей на дно морей. В свою очередь, в период массового развития микроводоросли образуют большую биомассу, а антропогенное органическое загрязнение способствует увеличению их видового разнообразия [1].

Хозяйственно-бытовые отходы, регулярно поступающие в море, связаны с пребыванием полярников, технических и транспортных средств, туристических лайнеров, посещающих Антарктику, увеличивая эвтрофирование прибрежных вод и оказывая негативное влияние на экологию водных организмов. Поэтому эти акватории являются зонами риска, поскольку с балластными водами сюда могут попасть инвазивные виды, пополняющие пул региона видами-вселенцами, среди которых могут встречаться потенциально опасные виды. Однако глобальное изучение потенциально опасных и токсичных видов микроводорослей широко развёрнутое в европейских и других странах [9–12], пока практически не касалось Антарктики, хотя их встречаемость отмечена в акваториях Антарктического полуострова [13–15].

Аргентинские острова, расположенные вблизи Антарктического полуострова, были открыты в декабре 1903 г. шведской экспедицией под руководством Отто Норденшёльда на пароходе «Антарктик» и названы в честь Аргентины, поскольку аргентинский корвет «Уругвай» принял участие в спасении этой экспедиции [16]. Сведения о встречаемости донных микроводорослей в районе Аргентинского архипелага носят пока ограниченный характер [14, 15, 17–19]. Слабая изученность биологического разнообразия и распределения донных микроводорослей в разных экотопах морского шельфа, определяет актуальность данного исследования.

Цель работы – дать краткий обзор состояния изученности биологического разнообразия морского микрофитобентоса в районе архипелага Аргентинских островов Антарктики в разные сезоны года.

#### Методы исследования

Материалом для изучения донных микроводорослей в прибрежных водах архипелага Аргентинских островов Антарктики ( $64^{\circ}14' - 64^{\circ}16' W$  и  $65^{\circ}14' - 65^{\circ}16' S$ ) послужили пробы микрофитобентоса, собранные в течение следующих антарктических сезонов года: весна (сентябрь–ноябрь), лето (декабрь–февраль) и осень (март, апрель) 2002–2003 гг. от уреза воды до глубины 27 м. Солёность воды в р-не исследования практически океаническая и у о. Галиндез составляла 28–32‰.

В северо-западной части острова находится Украинская антарктическая станция «Академик Вернадский» (УАС), расположенная на о. Галиндез (рис. 1) в районе Аргентинского архипелага, которая начала работать с 1996 г.

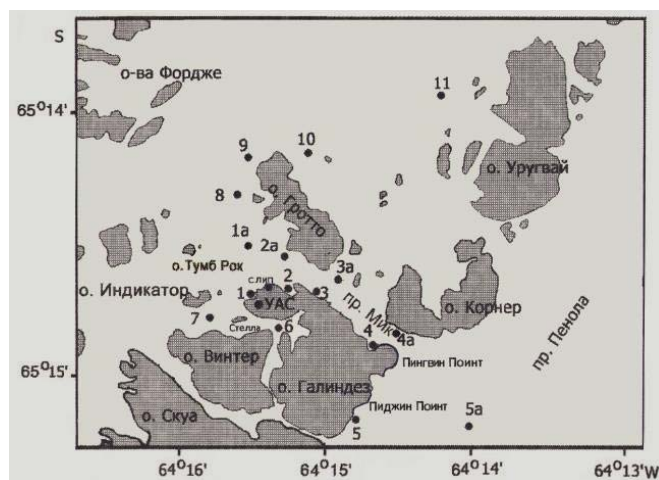


Рисунок 1 – Станции отбора проб в акваториях Аргентинских островов и районе УАС «Академик Вернадский» (Антарктика)

В состав архипелага входит полтора десятка островов, крупнейшим из них является о. Галиндез площадью 100 га, отделенный от остальных островов проливами. Основные станции сбора проб находились в водах островов Галиндез, Гротто, Индикатор, Пингвин Поинт, Туксен, Корнер, Уругвай, Тумб Рок, а также в проливах Стелла, Скуа, Мик и слип (водомерный пост) (рисунок 1). Субстратами, на которых поселялись микроводоросли, являлись каменистые, илисто-песчаные грунты, зелёные и красные водоросли-макрофиты, «красный» и «зелёный» снег, глетчерный лёд, тающий айсберг, талая вода и др. Всего обработано более 40 проб микрофитобентоса.

Исследование видового состава микроводорослей проводили в световых микроскопах «БИОЛАМ-212» и «Axioskop 40» при увеличениях в диапазоне от 400 до 2500 раз с окулярами х 20 и х40 и масляной иммерсии х90 и х100, соответственно [1]. Для определения размеров морфологических структур клеток микроводорослей использовали электронную программу AxioVision Rel. 4.6.

### Результаты и обсуждение

В микрофитобентосе антарктических вод Аргентинского архипелага и УАС «Академик Вернадский» (рисунок 1) обнаружено 80 таксонов микроводорослей из 5 отделов: Cyanoprokaryota – 4, Bacillariophyta – 66, Chlorophyta – 6, Naptophyta – 3, Dinophyta – 1, а также два вида хитридиевых морских микроскопических грибов *Rhizophyidium fragilariae* и *Ectrogellaperforans*, которыми были инфицированы клетки диатомовых водорослей родов *Fragilaria* и *Licmophora* (таблица 1). Микроводоросли принадлежат к 43 родам.

Таблица 1 – Список микроводорослей Антарктического архипелага Антарктики

Таксоны	Время года	Место	Глубина, м
CYANOPROKARYOTA			
<i>Lyngbya aestuarii</i> (Mert.) Liebman.	сентябрь	о. Галиндез	0,5
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.	апрель	о. Индикатор	лёд
<i>Oscillatoria</i> sp.	октябрь	пролив Стелла	-
	январь	-«-	-
	-«-	о. Тумб Рок	18,0
<i>Spirulina</i> sp.	октябрь	-«-	0
BACILLARIOPHYTA			
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	октябрь	пролив Мик	0,5
	-«-	о. Тумб Рок	0
	ноябрь	-«-	21,0-23,0
	октябрь	о. Пингвин Поинт	0
	-«-	о. Галиндез	17,0
<i>A. brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kütz.) Cleve	декабрь	-«-	-«-
	ноябрь	о. Пингвин Поинт	0
<i>A. pseudogroenlandica</i> Hendeby	-«-	о. Галиндез	17,0
	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Amphora proteus</i> Greg.	сентябрь	о. Пингвин Поинт	21,0-23,0
	январь	пролив Стелла	-
	-«-	о. Тумб Рок	18,0
<i>A. angusta</i> Greg.	декабрь	-«-	21,0-23,0
<i>Amphora</i> sp.	октябрь	о. Пингвин Поинт	0
	-«-	о. Индикатор	27,0
	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Ardissonea crystallina</i> (Agardh) Grun.	ноябрь	о. Корнер	0
<i>Berkeleya rutilans</i> (Trent. ex Roth) Grun.	апрель	о. Галиндез	0,5
	ноябрь	-«-	17,0
	октябрь	пролив Мик	0

Продолжение таблицы 1			
Таксоны	Время года	Место	Глубина, м
<i>B. scopulorum</i> (Bréb. et Kütz.) Cox	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	апрель	о. Галиндез	0,5
	ноябрь	-«-	17,0
	сентябрь	о. Скуа	0
	октябрь	пролив Мик	0,5
	-«-	о. Пингвин Поинт	27,0
	-«-	о. Тумб Рок	0
	-«-	о. Индикатор	27,0
	ноябрь	-«-	17,0
	-«-	о. Корнер	1,5-2,0
	-«-	пролив Стелла	-
<i>C. distans</i> Greg.	ноябрь	о. Корнер	1,5-2,0
<i>C. imperatrix</i> A. S.	апрель	о. Галиндез	0,5
	сентябрь	о. Скуа	0
<i>C. placentula</i> Ehrenb.	октябрь	пролив Мик	0,5
<i>C. speciosa</i> Greg.	сентябрь	о. Скуа	0
<i>C. pseudodebesii</i> Proschk.-Lavr.	сентябрь	о. Пингвин Поинт	2,0
	октябрь	-«-	0
<i>C. pseudomarginata</i> Greg.	апрель	о. Галиндез	0,5
	октябрь	о. Пингвин Поинт	0
<i>C. cf. interrupta</i> Grun.	сентябрь	-«-	2,0
	октябрь	-«-	0
	сентябрь	о. Скуа	-«-
	-«-	о. Тумб Рок	17,0
	ноябрь	о. Галиндез	0,5
<i>C. scutellum</i> Ehrenb.	сентябрь	о. Скуа	0
	октябрь	о. Пингвин Поинт	-«-
	-«-	пролив Мик	0,5
	ноябрь	о. Галиндез	17,0
<i>C. stauroneiformis</i> (V. H.) Ocuno	октябрь	о. Пингвин Поинт	0
	ноябрь	о. Галиндез	17,0
	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenb.	январь	пролив Стелла	-«-
	-«-	о. Тумб Рок	-«-
<i>C. radiatus</i> Ehrenb.	январь	-«-	-«-
<i>Cyclotella comensis</i> Grun.	март	о. Галиндез	0
<i>Cyclotella</i> sp.	-«-	-«-	18,0
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reim. & Lewin	октябрь	о. Пингвин Поинт	17,0
	-«-	о. Индикатор	27,0
	ноябрь	о. Галиндез	0,5
<i>Diatomella</i> sp.	октябрь	пролив Мик	0,5
<i>Eunotia</i> sp.	январь	пролив Стелла	18,0
	-«-	-«-	-«-
<i>Fogedia finmarchica</i> (Cleve et Grun.) Witk., Metz. et Lange-Bert.	октябрь	о. Тумб Рок	-«-
<i>Fragilaria striatula</i> Lyngb.	апрель	о. Галиндез	0,5
	сентябрь	о. Скуа	0
	октябрь	о. Пингвин Поинт	-«-

Продолжение таблицы 1			
Таксоны	Время года	Место	Глубина, м
<i>Fragilaria striatula</i> Lyngb.	-«-	пролив Мик	0,5
	-«-	о. Тумб Рок	18,0
	ноябрь	-«-	21,0-23,0
	декабрь	-«-	0
	январь	-«-	18,0
	ноябрь	о. Индикатор	27,0
	-«-	слип	18,0-20,0
	-«-	о. Галиндез	17,0
	-«-	о. Пингвин Поинт	1,5-2,0
-«-	о. Корнер	-«-	
<i>Fragilaria</i> sp.	ноябрь	о. Галиндез	17,0
<i>Glyphodesmis acus</i> Mann	октябрь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i> (Kütz.) Medlin	апрель	о. Галиндез	0,5
	ноябрь	-«-	17,0
	сентябрь	о. Скуа	0
	октябрь	о. Пингвин Поинт	-«-
	-«-	пролив Мик	0,5
	-«-	о. Тумб Рок	18,0
	январь	-«-	-«-
	октябрь	о. Индикатор	27,0
	-«-	о. Корнер	0
ноябрь	-«-	1,5-2,0	
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kütz.) Grun.	октябрь	пролив Мик	0
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	апрель	о. Галиндез	0,5
	сентябрь	о. Скуа	0
	октябрь	о. Пингвин Поинт	27,0
	-«-	о. Тумб Рок	0
	ноябрь	-«-	1,5-2,0
	-«-	о. Корнер	-«-
<i>L. dalmatica</i> (Kütz.) Grun.	-«-	-«-	-«-
<i>L. ehrenbergii</i> (Kütz.) Grun.	-«-	-«-	-«-
<i>L. juergensii</i> Agardh	октябрь	о. Пингвин Поинт	0
<i>L. paradoxa</i> (Lyngb.) Ag.	октябрь	-«-	-«-
	апрель	о. Галиндез	0,5
	ноябрь	о. Корнер	1,5-2,0
<i>Navicula cancellata</i> Donkin	октябрь	о. Тумб Рок	0
<i>N. directa</i> W. Smith	апрель	о. Галиндез	0,5
	январь	пролив Стелла	-
	-«-	о. Тумб Рок	18,0
	октябрь	-«-	17,0
	декабрь	-«-	21,0-23,0
<i>N. ramosissima</i> (Ag.) Cl.	ноябрь	о. Корнер	1,5-2,0
<i>N. cf. kariana</i> Grun.	-«-	о. Тумб Рок	18,0
<i>N. pennata</i> A. S.	январь	-«-	-«-
<i>N. cf. salinarum</i> Grun.	-«-	-«-	-«-
	сентябрь	о. Скуа	0
<i>Navicula</i> sp.	сентябрь	о. Галиндез	17,0
	октябрь	о. Тумб Рок	0

Продолжение таблицы 1			
Таксоны	Время года	Место	Глубина, м
<i>Navicula</i> sp.	ноябрь	-«-	18,0
<i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt	октябрь	слип	0
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschk.-Lavr.	ноябрь	о. Корнер	1,5-2,0
<i>N. linearis</i> W. Smith	октябрь -«-	-«- о. Индикатор	-«- 27,0
<i>N. longissima</i> (Bréb.) Ralfs	январь -«-	пролив Стелла о. Тумб Рок	1,5-2,0 18,0
<i>N. Paleaceae</i> Grun.	октябрь	слип	18,0-20,0
<i>N. Spathulata</i> Bréb.	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Nitzschia</i> sp.	октябрь ноябрь декабрь январь	о. Галиндез -«- о. Тумб Рок -«-	17,0 -«- 21,0-23,0 18,0
<i>Odontella aurita</i> Agardh	октябрь декабрь январь ноябрь	-«- -«- -«- о. Корнер	0 18,0 21,0-23,0 1,5-2,0
<i>Parlibelus delognei</i> (V. H.) Cox	ноябрь	о. Корнер	1,5-2,0
<i>Pinnularia quadratarea</i> A. S.	январь октябрь	о. Тумб Рок -«-	18,0 0
<i>Pinnularia</i> sp.	январь	-«-	18,0
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Greg.) Kuntze	декабрь	-«-	21,0-23,0
<i>Pleurosigma</i> sp.	январь	-«-	18,0
<i>Proschkinia</i> sp.	октябрь	-«-	0
<i>Pseudogomphonema kamtschaticum</i> (Grun.) Medlin	апрель сентябрь октябрь -«- -«- ноябрь	о. Галиндез о. Скуя о. Пингвин Поинт пролив Мик о. Индикатор о. Корнер	0,5 0 -«- -«- 27,0 1,5-2,0
<i>Synedra</i> cf. <i>curvata</i> Proschk.-Lavr.	январь	о. Тумб Рок	18,0
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	октябрь ноябрь октябрь декабрь январь	о. Корнер -«- о. Тумб Рок -«- -«-	1,5-2,0 -«- 0 21,0-23,0 18,0
<i>T. tabulata</i> (Agardh) Snoeijs	-«- октябрь	-«- слип	-«-
<i>Thalassiosira nordenskioldi</i> Cleve	октябрь декабрь	о. Пингвин Поинт о. Тумб Рок	20,0-22,0 21,0-23,0
<i>Thalassiosira</i> sp.	апрель	о. Галиндез	0,5
<i>Trachyneis aspera</i> Ehrenb.	апрель октябрь декабрь	-«- о. Тумб Рок -«-	-«- 0 21,0-23,0
<i>Tryblionella jelineckii</i> (Grun.) D.G. Mann	январь	о. Тумб Рок	18,0

Продолжение таблицы 1			
Таксоны	Время года	Место	Глубина, м
DINOPHYTA			
<i>Prorocentrum lima</i>	октябрь	пролив Мик	0,5
НАРТОРPHYTA			
<i>Chrysochromulina</i> sp.	апрель	о. Индикатор	лёд
<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerheim	октябрь -«-	-«- о. Пингвин Поинт	27,0 0
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et mohler	октябрь ноябрь	пролив Мик о. Галиндез	0,5 17,0
CHLOROPHYTA			
<i>Coenochloris pyrenoidosa</i> Korsh.	февраль	о. Галиндез	0,5
<i>Dactyosphaerium</i> sp.	апрель	-«-	-«-
<i>Dispora speciosa</i> Korsch.	-«-	о. Индикатор	лёд
<i>Gloecapsa</i> cf. <i>sanguinea</i> (Agardh) Kütz.	-«-	-«-	-«-
<i>Gloecapsa</i> sp. 1	-«-	-«-	-«-
<i>Hyaloraphidium curvatum</i> Korsh.	февраль	о. Галиндез	0,5
Хитридиевые морские грибы			
<i>Ectrogella perforans</i>	октябрь ноябрь	о. Пингвин Поинт о. Тумб Рок	20,0-22,0 18,0
<i>Rhizophyidium fragilariae</i>	октябрь ноябрь	о. Пингвин Поинт о. Тумб Рок	20,0-22,0 18,0

Наибольшее количество видов микроводорослей в антарктических водах отмечено осенью не случайно, поскольку осень в Южном океане соответствует весне северного полушария, когда диатомовые водоросли развиваются интенсивнее. Поэтому в распределении микроводорослей в антарктических водах сохраняется та же тенденция. В донных сообществах преобладают в основном диатомовые водоросли, которые встречаются по сезонам года в Антарктике: весной – 50, летом – 31, осенью – 18.

Весной (сентябрь-ноябрь) в Антарктике зарегистрировано массовое развитие микрофитобентоса, наблюдается явление эпойкии, как и в морях северного полушария [1], когда на поверхности колоний крупноразмерных видов диатомовых поселяются виды более мелких размеров. В районах исследования в избытке встречаются тенелюбивые одиночно живущие виды рода *Cocconeis* Ehrenb., предпочитающие заселять нижний ярус поверхности водорослей-макрофитов и камней [1]. Здесь, в антарктических водах, обнаружены аберрантные формы и некоторые изменения внутренних элементов морфологических структур панцирей рода *Cocconeis* (рисунок 2 (1, 2, 3)). Эта особенность отмечена для видов микрофитобентоса вод Антарктики (рисунок 2 (1, 2)), Чёрного и Японского морей (рисунок 2 (3–8)).

В водах о. Тумб Рок в обрастании водорослей-макрофитов отмечено колониальное поселение одиночно живущего вида *C. scutellum*, состоящее из 110 отдельных клеток и более. Размерный спектр этого вида варьировал от мелких (22,4 мкм дл., 12,6 мкм шир.) до самых крупных экземпляров (88,2 мкм дл., 63 мкм шир.). Кроме этого, на ст. Корнер в обрастании краевой зоны талломов зелёной водоросли-макрофита *Blidingia minima* отмечено обилие *Fr. striatula* и *A. brevipes*, которые в условиях Антарктики образуют довольно длинные ленточные колонии, вмещающие до 100 и более клеток, в то время как в морях умеренных широт обычно колонии короче и вмещают меньшее количество клеток [14, 15].

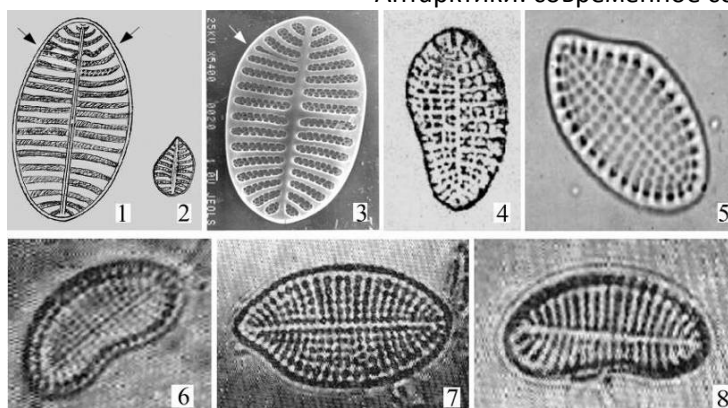


Рисунок 2 – Аберрантные формы (2, 3 – 8) и изменения внутренних структурных элементов створок (1, 3 – см. стрелки) диатомовых водорослей рода *Cocconeis* Ehrenb. из разных акваторий Северного и Южного полушарий: 1, 2 – рис. ориг. СМ, Антарктика; 3 – фото ориг. СЭМ, Японское море; 4 – СМ, Японское море [20]; 5 – СМ, Японское море [21]; 6 – 8 – СМ, Чёрное море [22]

У некоторых колониальных видов адгезия клеток к субстрату осуществляется с помощью апикальной слизи поры, которая находится на головном конце их створки, через канал соединяет полость клетки с наружной средой. В результате деления клетки происходит образование колонии, большая часть которой может находиться в толще воды над субстратом. Массовые скопления колоний диатомовых водорослей были отмечены и подо льдом в Японском море и арктических дрейфующих льдах [21, 23]. При массовом развитии колониальных видов во время шторма верхние клетки, отрываясь от субстрата, в большом количестве встречаются в составе фитопланктона морей и антарктических вод.

Собственные и литературные данные свидетельствуют о том, что в планктоне и бентосе антарктических вод преобладают диатомовые водоросли [13–15, 17–19, 24–28], способные хорошо и долговременно сохраняться на дне водоёмов.

Наиболее изученными являются воды о. Галиндез, разными авторами здесь указано 23 вида планктонных диатомовых [18], 9 видов цианобактерий и диатомовых [19], 51 вид микроводорослей, относящихся к 5 отделам с преобладанием *Bacillariophyta* [17].

Сравнение бентосной флоры диатомовых из разных районов антарктических вод, обнаруженных нами, с литературными данными, показало, что в водах о. Галиндез отмечено 17 общих видов [17] в основном космополитов: *Achnanthes brevipes*, *A. brevipes* var. *intermedia*, *Amphora proteus*, *Cocconeis costata*, *C. distans*, *C. imperatrix*, *C. scutellum*, *Coscinodiscus radiatus*, *Navicula directa*, *N. pennata*, *Nitzschia hybrida*, *Licmophora abbreviata*, *Odontella aurita*, *Pinnularia quadratarea*, *Pseudogomphonema kamtchaticum*, *Tabularia fasciculata*, *Trachyneis aspera*. В водах о. Короля Георга 14 общих видов: *Odontella litigiosa*, *C. costata*, *C. imperatrix*, *C. scutellum*, *Fragilaria striatula*, *L. abbreviata*, *N. directa*, *N. hybrida*, *Parlibelus delognei*, *P. quadratarea*, *P. kamtchaticum*, *Tabularia tabulata*, *T. aspera* [27, 28] и 17 общих видов с микрофитобентосом Японского моря [21]. В водах Байя Пуэрто Параисо был выявлен один общий вид *C. imperatrix* [29]. На преобладание видов-космополитов среди диатомовых водорослей из антарктических вод указывали и другие авторы [17, 27].

В октябре 2002 г. на макрофите о. Индикатор на глубине 27 м нами обнаружено 6 видов диатомовых и один вид токсичной гаптофитовой водоросли рода *Phaeocystis* Lagerh., который в это же время найден и в районе о. Пингвин, а также указан в сообществе ледовых водорослей моря Уэдделла [24]. В это же время из диатомовых отмечен вид-космополит *Cylindrotheca closterium*, который найден и на поверхности колонок льда в море Уэдделла в октябре–ноябре 1981 г. [25]. Здесь, в холодных водах Антарктики, наибольшего развития достигают колониальные виды диатомовых водорослей, образующих огромную биомассу и формирующих «цветение» прибрежных вод, являясь своеобразным «биологическим



загрязнением» окружающей среды [14]. В период высокой репродуктивности колониальных видов создается локальная избыточная биомасса в море, поэтому колониальность многих видов микроводорослей, особенно потенциально опасных, вероятно, можно рассматривать как биологический показатель фактора риска для некоторых донных гидробионтов.

В Антарктике во время «цветения» морской воды, вызванного обильным развитием видов фитопланктона, колонии и одиночные клетки которых, оседая на дно, вносят существенный вклад в формирование видовой структуры прибрежного микрофитобентоса. В свою очередь, в бентосных пробах встречаются планктонные виды (таблица 1). Среди массовых видов следует отметить колониальные диатомовые водоросли родов *Achnanthes* Bory, *Licmophora* Agardh, *Fragilaria* Lyngb., *Gomphonemopsis* Medlin, *Odontella* Agardh и др., образующие при интенсивном развитии «цветение» воды, а также потенциально токсичные виды родов *Prorocentrum* Ehrenb., *Phaeocystis*, *Chrysochromulina* Lackey, *Pseudo-nitzschia* Peragallo. Слизь, выделяемая водорослями для построения колоний, а также массовая вспышка численности колониальных диатомовых водорослей-возбудителей «цветения» воды представляют потенциальную опасность для беспозвоночных, млекопитающих животных и рыб морей Мирового океана [12], в т. ч. и для районов Антарктики.

До настоящего времени для Антарктики не затронута проблема изучения потенциально опасных видов микроводорослей, которые являются чувствительными индикаторами качества вод. И хотя подобные виды в большей степени характерны для фитопланктона, встречаются они и в микрофитобентосе морей [12]. В результате анализа списка антарктического фитопланктона [13] и по нашим данным [15], выявлено 23 вида потенциально токсичных водорослей, включая 4 вида диатомовых рода *Pseudo-nitzschia*, 13 – динофитовых, в т.ч. 5 видов рода *Prorocentrum*, а также *Dictyocha speculum* из отдела Ochrophyta; при этом почти все виды известны в Азово-Черноморском бассейне [12]. В последние годы некоторые потенциально опасные микроводоросли все чаще появляются в массовых количествах в местах усиленной эвтрофикации вод в прибрежье морей.

В октябре нами обнаружено два токсичных вида: динофлагеллята *Prorocentrum lima* (рисунок 3 (3)) на каменистом грунте на глубине 0,5 м во время отлива вод в проливе Мик и гаптофитовая водоросль *Phaeocystis pouchetii* при «цветении» воды красно-бурого цвета у островов Индикатор и Пингвин. Летом (декабрь-февраль) при низкой температуре воды сохраняется тенденция развития колониальных диатомовых водорослей даже на глубине более 20 м, но их обилие снижается по сравнению с весной, что характерно и для мелководья Чёрного моря [1]. В рыхлых грунтах (декабрь, о. Тумб Рок) на глубине более 20 м встречаются колонии *A. brevipes*, *O. aurita*, *Fragilaria striatula*, но в меньших количествах.

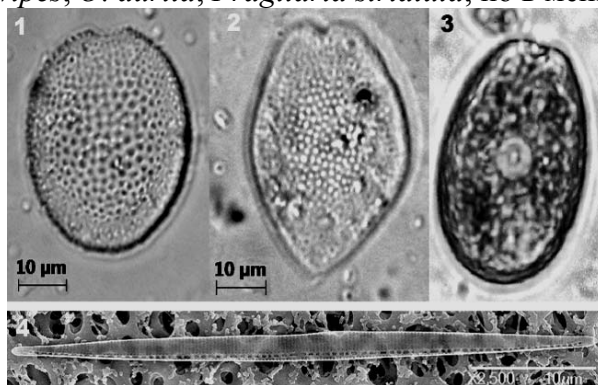


Рисунок 3 – Токсичные виды микроводорослей. Динофитовые водоросли: 1 – *Prorocentrum compressum*, 2 – *P. micans*, 3 – *P. lima*; 4 – диатомовая *Pseudo-nitzschia calliantha*, обнаруженные в микрофитобентосе Антарктики

В ноябре при отливе воды у о. Галиндес близ слипа (водомерный пост) в эпифитоне красной водоросли рода *Porphyra*, имеющей толстые пластинчатые талломы, диатомовые водоросли практически отсутствовали, встречались в основном одиночные виды: *Navicula*

*directa*, *Trachyneis aspera*, *Cocconeis* spp. и др. В эпифитоне красных водорослей (октябрь, о. Тумб Рок) в основном отмечены колониальные и одиночно живущие виды диатомовых водорослей. Слоевница красных, бурых и зелёных водорослей-макрофитов, прибрежные камни и рыхлые грунты заселяются диатомовыми, имеющими разнообразные жизненные формы. В условиях пониженной освещённости подо льдом увеличивается количество колониальных видов, которые предпочтительнее и интенсивнее обрастают камни и водоросли-макрофиты на малых глубинах, часто заселяя краевую зону их талломов.

Другие бентопланктонные виды родов *Odontella*, *Nitzschia* Hassall, *Cylindrotheca* Rabenh., *Coscinodiscus* Ehrenb., указаны в прибрежном мелководье в разных регионах Антарктики [15, 17, 26]. Весной преобладают колониальные виды Bacillariophyta и Cyanoprokaryota. В эпифитоне зелёной водоросли *Ulothrix* Kütz., растущей на поверхности камней, в апреле близ о. Галиндес на глубине 0,5 м встречались исключительно колонии цианобактериальных и диатомеи *Fragilaria striatulla*, но в меньших количествах, чем в октябре-ноябре. В целом, основу микрофитобентоса морей Северного и Южного полушарий составляют космополитные и эвритермные диатомовые водоросли, известные практически для всех географических регионов Мирового океана от Арктики до Антарктики. Среди многих из них, обнаруженных в антарктических водах, можно отметить вид-космополит *Pinnularia quadratarea*, указанный во льдах Сев. Ледовитого океана, моря Лаптевых, в Баренцевом, Карском, Чукотском, Норвежском, Печорском, Северном, Белом, Средиземном, Чёрном, Каспийском, Японском морях, а также у берегов Гренландии, Финмаркена, Шпицбергена, Исландии, Америки, Англии, Австралии. В осенних пробах по сравнению с другими сезонами года отмечено обилие вегетирующих видов за счёт многочисленных колоний диатомовых.

В октябре-ноябре в водах островов Пингвин и Тумб Рок найдены колониальные диатомовые водоросли родов *Fragilaria* и *Licmophora*, инфицированные хитридиевыми морскими грибами *Rhizophyidium fragilariae* и *Ectrogella perforans* аналогичные тем, которые ранее были указаны рядом авторов для представителей этих же родов диатомовых водорослей [30-32]. Известна роль грибов в изменении биологической продуктивности водоёмов, так как многие морские формы вызывают эпидемии водорослей, особенно диатомовых. Описаны случаи поражения грибами морской диатомеи рода *Licmophora*, приводящих к гибели до 50-90% всей популяции вида.

Антропогенные факторы, приводящие к нарушению состояния окружающей среды, которые Г.Г. Винберг рассматривал как «химические формы взаимодействия между водными организмами», а «случаи токсичности водорослей как только наиболее заметные и крайние проявления действия тех специфических продуктов обмена, которые по всем данным, играют чрезвычайно большую роль в процессах взаимоотношений организмов в природе, и, вероятно, приобретают решающее значение для формирования и развития населения природных вод» [33]. В зависимости от комбинации химических взаимодействий, сложившихся в среде обитания, микроводоросли формируют «цветение» воды и «красные приливы» в море, которые иногда сопровождаются токсичным воздействием на биоту.

Ядовитые виды диатомовых и динофитовых водорослей часто являются составной частью агрегаций «морского снега», отрицательно влияющих на животное население пелагиали и дна морей [34, 35]. Для морских млекопитающих и птиц токсин домоевая кислота, продуцируемый диатомовыми водорослями рода *Pseudo-nitzschia*, крайне опасен. Так, в Калифорнии отмечены случаи гибели пеликанов и морских львов от этих водорослей [36, 37]. С 70-х годов XX ст. во многих странах мира проводятся регулярные наблюдения за указанными явлениями, которые для вод Антарктики являются достаточно актуальными и своевременными для проведения мониторинга видового состава микроводорослей, в том числе и токсичных видов. Поэтому в целях охраны флоры и фауны уникального континента необходимо не только изучать его биологическую составляющую, но и предупредить

возникновение многих проблем, связанных не только с положительными, но и отрицательными сторонами деятельности человека.

Кроме антропогенного загрязнения вод различными токсичными химическими элементами существует естественное биологическое органическое «загрязнение» вод вследствие массового развития фитопланктона, микро- и макрофитобентоса, особенно в период их разложения и оседания на дно водоёмов. Так, для Чёрного моря было установлено, что органическое «загрязнение» способствует увеличению видового разнообразия микроводорослей планктона и бентоса [1], которое сопровождается так же негативными явлениями для биоты. В это время, как правило, происходит деструкция отмершей массы водорослей, расходуется значительное количество кислорода на их окисление, что вызывает аноксию или заморные явления среди морских животных, особенно рыбы.

Как было отмечено выше, микроводоросли являются важной кормовой базой для многих обитателей морских вод, в том числе в питании зообентоса [21, 38–41]. С.Н. Рыбаков отмечал, что «чистая и прозрачная большая часть года морская вода летом становится желто-зелёной и густой, как суп, от обилия» фитопланктона, особенно диатомовых водорослей, которые в январе-феврале образуют громадные скопления, поэтому здесь кормятся самые крупные млекопитающие планеты – киты [38].

Собственные и литературные данные свидетельствуют о том, что многие простейшие, в том числе и пелагические инфузории, а также беспозвоночные и рыбы употребляют в пищу донные диатомовые. Так, в ноябре во время «цветения» воды у о-вов Пингвин ( $65^{\circ}15'98''W$ ) и Тумб Рок ( $64^{\circ}15'42''W$ ) нами обнаружена инфузория-тинтинида *Coxliella* sp. (рисунок 4, 1), употреблявшая в пищу диатомовую водоросль *Achnanthes brevipes* (рисунок 4, 2) [14, 15].

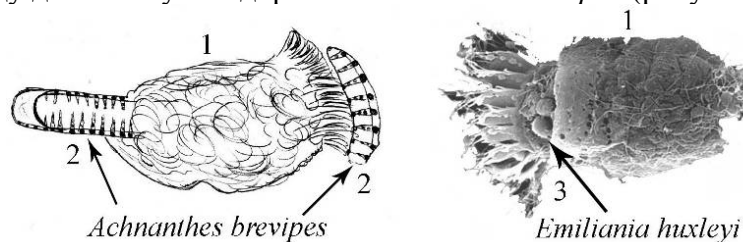


Рисунок 4 – Питание ресничной инфузории *Coxliella* sp. (1) микроводорослями: 2 – диатомовая водоросль *Achnanthes brevipes* [14], 3 – гаптофитовая водоросль *Emiliana huxleyi* [41]

В ноябре у о. Галиндез в обрастании камней на глубине 17 м (табл. 1) отмечено обилие этого вида в период размножения, когда его колонии были необычной длины, состоящие из 78 клеток. А у о. Пингвин Поинт на глубине 0,5 м во время отлива воды этот вид доминировал и его колонии вмещали до 20 клеток. В водах о. Галиндез и проливе Мик обнаружен космополитный вид гаптофитовой водоросли *Emiliana huxleyi* (рис. 4, 3), которая наряду с динофитовыми видами *Oxyrrhis marina*, *Amphidinium longum* и *Gymnodinium* sp. указана в питании ресничной инфузории *Coxliella* sp. [41]. На рис. 4 видно, что диатомовая (4, 2) и гаптофитовая (4, 3) водоросли находятся в области ресничек инфузории и на выходе из её тела. Вероятно, инфузория способна заглатывать или высасывать содержимое клетки микрофитов, а затем избавляться от их панцирей. Некоторые авторы отмечали, что диатомовые являются источником пищи и для антарктических пелагических ракообразных *Cumacea* и *Tanaidacea* [42, 43].

Таким образом, исследования микрофитобентоса антарктических вод Аргентинского архипелага свидетельствует о важности и перспективности изучения первичных продуцентов, вносящих значительный вклад в продукцию Южного океана.

#### Выводы

1. Анализ оригинальных и литературных данных показал, что, несмотря на слабую изученность морского микрофитобентоса Антарктики, существенно отстающая от

фитопланктона, хотя видовое разнообразие донных микроводорослей антарктических вод достаточно высокое. Подобная тенденция в целом прослеживается для многих морей Мирового океана.

2. В водах Аргентинского архипелага в весенне-летний сезон обнаружено 80 таксонов водорослей, принадлежащих к 5 отделам: Cyanoprokaryota – 4, Bacillariophyta – 66, Chlorophyta – 6, Haptophyta – 3, Dinophyta – 1.

3. В антарктических водах выявлено 23 вида токсичных водорослей, включая 4 вида диатомовых рода *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta), 13 – динофитовых, в т.ч. 5 видов рода *Prorocentrum* (Dinophyta), а также *Dictyocha speculum* (Ochromytha).

4. Выявлены грибковые поражения диатомовых водорослей родов *Fragilaria* и *Licmophora* двумя видами морских микроскопических хитридиевых грибов *Rhizophyidium fragilariae* и *Ectrogella perforans*, приводящие к гибели до 50-90% всей популяции ликмофоры.

5. Установлено, что видовой состав микроводорослей и их распределение на разных типах субстратов в Южном океане имеет много сходный черт с морями арктического бассейна и умеренных широт.

6. Учитывая отдалённость Антарктики, где лучшим образом сохраняется уникальный биологический материал, с которым можно сравнивать результаты исследования акваторий обоих полушарий, необходимо дальнейшее расширение спектра изучения видового разнообразия микрофитобентоса в различных регионах Антарктики.

*Благодарности.* Автор выражает свою признательность к.б.н. С.М. Игнатьеву за отбор антарктических проб микрофитобентоса, к.б.н. Д.С. Балычевой за помощь в подготовке компьютерной вёрстки иллюстраций.

#### Список литературы

1. Рябушко Л.И. Микрофитобентос Чёрного моря / Л.И. Рябушко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 416 с.
2. Bennet A.L. On the occurrence of the diatoms on the skin of whales / A.L. Bennet // Proc. Roy. Soc. Lond. – Ser. B. – 1920. – Vol. 91. – P. 352–357.
3. Hart T.J. On the diatoms of the skin film of whales, and their possible bearing on problems of whales movements / T.J. Hart // Discovery Reports. – 1935. – Vol. 10. – P. 247–282.
4. Hinton M.A.C. Report on the papers left by the late Major Barrett-Hamilton, relating to the whales of South Georgia / M.A.C. Hinton // Grown Agents for the Colonies. – London, 1925. – P. 57–209.
5. Ивашин М.В. Обрастание финвалов диатомовыми водорослями в Антарктике / М.В. Ивашин // Тр. ВНИРО. – 1958. – Т. 33. – С. 186–198.
6. Зинченко В.Л. Анализ диатомовых обрастаний малых полосатиков в Антарктике в связи с их миграциями: IX Всесоюз. совещ. по изучению, охране и рациональному использованию морских млекопитающих (Архангельск, сент. 1986). – Архангельск, 1986. – С. 157–158.
7. Герасимюк В.П. Диатомовые обрастания китов малых полосатиков в водах Антарктики / В.П. Герасимюк, В.Л. Зинченко // Гидробиол. журн. – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 29–36.
8. Кляшторин Л.Б. Диатомовые обрастания китов дальневосточных морей / Л.Б. Кляшторин // Тр. ИО АН СССР. – 1962. – Т. LVIII. – С. 314–321.
9. EUROHAB (Science Initiative) Harmful algae Blooms in European marine and brackish waters (Kalmar, Sweden, Nov. 5-7, 1998): Proceed. Ser. 5. – Kalmar, 1998. – 93 p.
10. GEOHAB (Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms), Science Plan / Eds P. Glibert, G. Pitcher. – Baltimor, Paris: SCOR and IOC, 2001. – 86 p.
11. Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean // A Guide based on a preliminary survey, IOC, Manuals and Guides. – № 41. – UNESCO, 2001. – 105 p.

12. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Чёрного и Азовского морей / Л.И. Рябушко. – ИнБЮМ НАН Украины, Океанологический центр НАНУ, Операционный Центр Международного института в Украине. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 288 с.
13. Кузьменко Л.В. Фитопланктон западной части пролива Брансфилда / Л.В. Кузьменко // Украинский антарктический журн. – 2004. – № 2. – С. 125–137.
14. Рябушко Л.И. Микроводоросли бентоса украинского сектора Антарктики / Л.И. Рябушко // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг. – Севастополь: НАНУ, МГИ НАНУ, 2005. – С. 297–301.
15. Рябушко Л.И. Состояние изученности микрофитобентоса Аргентинских островов Южного океана (Антарктика): Материалы II междунар. науч.-практ. конф. «Природная среда Антарктики: современное состояние изученности» (18-21 мая 2016, п. Нарочь, Республика Беларусь). – Минск «Конфидо», 2016. – 307–311.
16. Carlson G.W.F. Süßwaseralgeln aus der Antarktis Südgeorgien und den Falklandinseln Wissenschaftl. Ergebn. d. schwed. Südpolar-Expedition 1901-1903 unter Leitung von Dr. Otto Nordenskjöld / G.W.F. Carlson. – 1913. – Bd. IV.
17. Герасимюк В.П. Водоросли прибрежных вод и внутренних водоёмов острова Галиндез (Архипелаг Аргентинские острова, Антарктика) / В.П. Герасимюк // Альгология. – 2008. – Т. 18 (1). – С. 58–71.
18. Иванов А.И. Планктонные и бентосные водоросли района Украинской антарктической станции «Академик Вернадский» / А.И. Иванов, Г.Г. Миничева // Бюл. Укр. антаркт. центра. – 1998. – Вып. 2. – С. 198–203.
19. Guslakov N.E., Kovtun O.A., Tarasenko A.A. Initial data about Cryophyton of the region of the Ukrainian Antarctic Station «Academic Vernadsky»: 18th Intern. Diatom Symp. (Miedzyzdroje, Poland, 2-7 Sept. 2004). – P. 140.
20. Николаев В.А. Диатомовые водоросли бентоса залива Посыет Японского моря: Дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – ботаника. – Л., 1970. – 227 с.
21. Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря / Л.И. Рябушко, А.А. Бегун. – Симферополь: Н. Оріанда, 2015. – Т. 1. – 288 с.
22. Гусяков Н.Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Чёрного моря и прилегающих водоёмов / Н.Е. Гусяков, О.А. Закордонец, В.П. Герасимюк. – Киев: Наук. думка, 1992. – 112 с.
23. Мельников И.А. К экологии массовых скоплений колониальных диатомовых водорослей под арктическим дрейфующим льдом / И.А. Мельников, Л.Л. Бондарчук // Океанология. – 1987. – Т. 27, № 2. – С. 317–321.
24. Garrison D.L. Ice algal communities in the Weddell Sea / D.L. Garrison // Antarct. J. US. 1982. – Vol. 17, no 5. – P. 157–159.
25. Burckle L.H. Diatom distribution in the Weddell Gyre region during late winter / L.H. Burckle // Micropaleontology. – 1987. – Vol. 33, no 2. – P. 177–184.
26. Гогорев Р.М. Состав, морфология и развитие диатомовых водорослей в Антарктике «летом» 2006-2007 гг. : Материалы X междунар. науч. конф. «Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей» (Минск, 9–14 сент. 2007 г.). – Минск, 2007. – С. 24–26.
27. Al-Handal A.Y. Marine benthic diatoms from Potter Cove, King George Island, Antarctica / A.Y. Al-Handal, A. Wulff // Botanica Marina. 2008. Vol. 51. – DOI. – P. 51–68.
28. Al-Handal A.Y. Marine epiphytic diatoms from the shallow sublittoral zone in Potter Cove, King George Island, Antarctica / A.Y. Al-Handal, A. Wulff // Botanica Marina. – 2008. – Vol. 51. – DOI. – P. 411–435.
29. Lance P.C. Frecuencia estacional diatomologia en Bahia Puerto Paraiso (Peninsula Antarctica) / P.C. Lance // Comunicaciones del Museo Argentino de ciencias naturales «Bernardino Rivadavia», Hydrobiologia. – 1972. – Т. 2, no 2. – P. 7–22.

30. Canter H.M. Some observations on the alga *Fragilaria crotonensis* Kitton and its parasitism by two chytridiaceous fungi / H.M. Canter, G.H.M. Jaworski // *Annals of Botany*. – 1982. – Vol. 49. – P. 429–446.
31. Canter H.M. A Further Study on Parasitism of the Diatom *Fragilaria crotonensis* Kitton by Chytridiaceous Fungi in Culture / H.M. Canter, G.H.M. Jaworski // *Annals of Botany*. – 1983. – Vol. 52. – P. 549–563.
32. Kumar C.R. Physiology of Infection of the Marine Diatom *Licmophora* by the Fungus *Ectrogella perforans* / C.R. Kumar // *Veroff. Inst. Meeres-forsch. Bremerh.* – 1978. – Vol. 17. – S. 1–14.
33. Винберг Г.Г. Токсичный фитопланктон / Г.Г. Винберг // *Успехи современной биологии*. – 1954. – Т. XXXVIII, вып. 2 (5). – С. 216–226.
34. Эрхард Ж.П. Планктон / Ж.П. Эрхард, Ж Сежен. – Л.: Гидрометеоизд, 1984. – 255 с.
35. Alldredge A.L. Characteristics, Dynamics and Significance of Marine Snow / A.L. Alldredge, M.W. Silver // *Prog. Oceanog.* – 1988. – Vol. 20. – P. 41–82.
36. Work T.M. Domoic acid intoxication of brown pelicans and cormorants in Santa Cruz, California / T.M. Work, A.M. Beale, L. Fritz [et al.] // *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea* / Eds. T.J. Smayda, Y. Shimizu. – Amsterdam: Elsevier, 1993. – P. 643–650.
37. Scholin C.A. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom / C.A. Scholin, F. Gulland, G.J. Doucette [et al.] // *Nature*. – 2000. – no 403. – P. 80–84.
38. Рыбаков С.Н. Живая Антарктика / С.Н. Рыбаков. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1976. – 183 с.
39. Castenholz R.W. The effect of grazing of marine littoral diatom populations / R.W. Castenholz // *Ecology*. – 1961. – Vol. 42, no 4. – P. 783–794.
40. Рябушко Л.И. Трофические отношения некоторых видов беспозвоночных животных бентоса Японского моря с диатомовыми водорослями: V Всесоюз. конф. по пром. беспозвоночным (Минск-Нарочь, 9-13 окт. 1990). – М., 1990. – С. 22–23.
41. Strom S. Chemical defense in the microplankton I: Feeding and growth rates of heterotrophic protists on DMS-producing phytoplankter *Emiliania huxleyi* / S. Strom, G. Wolfe, J. Holmes [et al.] // *Limnol. & Oceanogr.* 2003. – Vol. 48, no 1. – P. 217–229.
42. Wasik A. Agglutinated loricae of some Baltic and Antarctic *Tintinnina* species (Ciliophora) / A. Wasik, E. Mikołajczyk, R. Ligowski // *Jour. Plan. Res.* – 1996. – Vol. 18 (10). – P. 1931–1940.
43. Blazewicz-Paszkowycz M. Diatoms as food source indicator for some Antarctic *Cumacea* and *Tanaidacea* (Crustacea) / M. Blazewicz-Paszkowycz, R. Ligowski // *Antarctic Science*. – 2001. – Vol. 14 (1). – P. 11–15.

## THE STATE OF KNOWLEDGE MICROPHYTOBENTHOS ARGENTINE ISLANDS OF ANTARCTICA

L.I. Ryabushko

*The A.O. Kowalevsky Institute of Marine Biological Reserches, Sevastopol, Russia*  
*e-mail: larisa.ryabushko@yandex.ua*

A review of the results of the study of coastal ecosystem microphytobenthos Argentine archipelago of Antarctic. It was found 80 taxa of microalgae belonging to 5 divisions: Cyanoprokaryota – 4, Bacillariophyta – 66, Haptophyta – 3, Dinophyta – 1, Chlorophyta – 6, and 2 species of marine fungi. For the region study identified 23 species of toxic algae, including 4 species of diatoms *Pseudo-nitzschia*, 13 – Dinophyta, including 5 species *Prorocentrum*, and *Dictyocha speculum* (Ochrophyta). In the Antarctic waters are stored similar trends in the prevalence of the distribution of diatoms. Depending on the season and the nature of the substrate greatest abundance of benthic diatoms reach the Antarctic spring (September-November), which corresponds to the spring months (March-May) in the Northern hemisphere.